

일반논문-11-16-3-08

## 듀얼스트림 방식에 기반한 고화질 3DTV 실험방송 시스템 개발

이 광 순<sup>a)‡</sup>, 정 광 희<sup>a)</sup>, 정 원 식<sup>a)</sup>, 허 남 호<sup>a)</sup>, 표 경 수<sup>b)</sup>

### Development of High-definition 3DTV Experimental System based on Dual Stream Method

Gwangsoon Lee<sup>a)‡</sup>, Kwanghee Jung<sup>a)</sup>, Won-Sik Cheong<sup>a)</sup>, Namho Hur<sup>a)</sup>, and Kyungsoo Pyo<sup>b)</sup>

#### 요 약

본 논문에서는 실험방송용으로 개발된 고화질 3DTV 실험방송 시스템 및 이의 성능 분석 결과에 대해 소개한다. 2010년 말에 성공적으로 실시된 고화질 3DTV 실험방송은 지상파, 케이블, 위성 3개의 방송매체를 대상으로 하고 있으며, 역방향 호환성을 보장하면서 고화질의 입체감 제공을 위해 듀얼스트림 방식을 채택하고 있다. 듀얼스트림 방식은 MPEG-2 시스템의 다중화 기술을 응용한 것으로서, 특히 지상파 방송의 경우 좌영상 인코딩은 기존의 비디오 코덱을 그대로 사용하고 동시에 우영상 인코딩은 효율이 향상된 비디오 코덱 기법을 사용하고 있다. 본 논문에는 고화질 3DTV 실험방송을 실시하기 위해 개발된 송수신 시스템의 구현 방법을 3DTV 재다중화기 및 수신기 위주로 기술하며, 마지막으로 시스템의 구현결과 및 지상파 3DTV 실험방송 실시 결과에 대해 객관적 및 주관적인 평가를 통해 검증한다.

#### Abstract

This paper introduces an development of high-definition(HD) 3DTV experimental broadcasting system and its experimental service that has been launched via three broadcasting network including terrestrial, cable and satellite in the late of 2010. This 3DTV experimental broadcasting service employs an innovative 3DTV broadcasting mechanism, called as dual stream method in which left and right images are encoded by using each video encoder and multiplexed using MPEG-2 system technology for guaranteeing backward-compatibility with legacy DTV. This paper specifically describes the developed experimental broadcasting system, concentrating on 3DTV re-multiplexer and 3DTV receiver. Finally, implementation and terrestrial 3DTV experimental broadcasting service results will be introduced from the point of objective and subjective evaluation.

Keyword : 3DTV, stereoscopic video, dual stream, trial service

## I. 서 론

3DTV 방송서비스는 디지털 방송매체인 지상파DTV, 케이블, 위성, IPTV 등 대중미디어를 통해 3차원 입체영상 서비스가 보편적으로 제공되는 것을 의미한다. 방송서비스의 단계로 보면 고품질의 3D 콘텐츠 제작 및 편집, 포맷변

a) 한국전자통신연구원  
Broadcasting System Research Department, Electronics and Telecommunications Research Institute  
b) 동아대학교 전자공학과  
Department of Electronic Engineering, Dong-A University  
‡ 교신저자 : 이광순(gslee@etri.re.kr)  
· 접수일(2011년3월5일), 수정일(2011년4월29일), 게재확정일(2011년5월6일)

환 및 저장, 압축, 전송 및 수신, 3D 디스플레이, 3D 품질평가 및 3D 시청 안전성 확보 등 전후방 산업이 모두 하나의 생태계로 연결되어 살아 움직여야 한다. 이러한 3DTV 방송 산업의 생태계에서의 주도권을 잡기 위해 주요 가전업체, 방송장비 및 기기제조업체, 콘텐츠 제작자, 방송사업자들은 본격적인 경쟁을 펼치고 있다<sup>[1][2]</sup>. 지금까지 일본, 유럽, 미국 등에서 시범적 혹은 사용화 되어 서비스 되고 있는 방식은 ‘프레임 호환(frame-compatible)’된 방식으로 3D 입체영상을 공간적으로 다중화한 단일 영상을 사용하면서 기존의 방송시스템을 그대로 활용하기 때문에 ‘역호환성’이 보장되지 않는 단점이 있다<sup>[3][4]</sup>.

이러한 상황에서 고품질 3DTV 방송기술 개발을 통해 국가 차원에서 기술경쟁력을 확보하고 관련 표준화에 있어 유리한 입지를 차지해야 된다는 필요성이 제기되었으며, 기 개발된 3DTV 방송기술의 조기 검증, 차세대 방송장비 고도화 등 여러 분야에서 정부지원을 통해 고품질의 3DTV 방송을 제공하기 위한 기술을 개발하고 이의 시청자 수용도를 조사하기 위해 2010년부터 ‘고품질 3DTV 실험방송’ 사업을 시작하게 되었다<sup>[5]</sup>. 본 고품질 3DTV 실험방송은 지상파, 케이블, 위성 3개의 방송매체를 대상으로 하고 있으면 역방향 호환성 보장 및 고품질의 입체감 제공이라는 기본적인 두 가지 요구사항 만족을 목표로 시작되었다. 따라서 역방향 호환성을 보장하기 위해 고품질 3DTV 실험방송에서는 MPEG-2 시스템(ISO/IEC 13818-1)<sup>[6]</sup>의 다중화 기술을 응용한 3DTV 방송 방식인 ‘듀얼스트림(dual stream)

방식’을 채택하기로 하였다. 한편 지상파 실험방송의 경우 역방향호환성을 보장하면서 종래의 HD 프로그램의 화질을 최상으로 유지하기 위해서 비트율 할당 측면에서 고려사항이 있다. 현재 대부분의 지상파 DTV 방송사들은 한 채널 내에서 HD 프로그램을 위해 약 17~18Mbps을 유지하고 있다. 이렇게 한정된 대역폭내에서 역방향 호환성과 고품질 영상에 대한 요구사항을 동시에 만족하기 위해서 본 실험방송에서는 종래의 MPEG-2 비디오 코덱<sup>[7]</sup>을 그대로 유지하면서 MPEG-4 AVC(ITU-T H.264 (이하: H.264))<sup>[8]</sup> 비디오 코덱기술을 부가영상 인코딩을 위해 채택하였다.

본 논문의 제2장에서는 고품질 3DTV 실험방송을 실시하기 위해 개발된 송수신 시스템을 소개한다. 특히, 고품질 제공을 목표로 최적화되어 상용화된 듀얼채널 인코더와 연결되어 듀얼 스트림방식의 전송스트림을 생성할 수 있는 3DTV 재다중화기 및 고품질 3DTV 수신기의 개발에 대해 기술한다. 제 3장에서 시스템 개발 및 지상파 3DTV 실험방송의 결과에 대해 기술하며, 제 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 고품질 3DTV 실험방송 송수신 시스템 개발

### 1. 고품질 3DTV 실험방송 송수신 시스템 구성

그림 1은 고품질 3DTV 실험방송 송수신 시스템의 구성

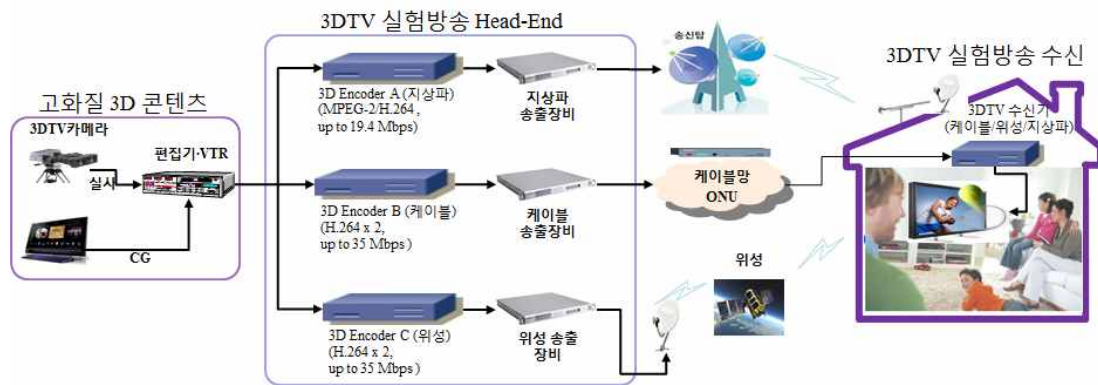


그림 1. 고품질 3DTV 실험방송시스템 구성도  
 Fig. 1. Configuration of HD 3DTV Experimental broadcasting system

도를 보여주고 있다. 지상파 방송의 경우 방송사에 3DTV 실험방송을 위한 헤드엔드 장비를 설치하고 마이크로웨이브(M/W)를 통해 관악산 송신소로 신호를 전송, 증폭 후 방송 송출한다. 헤드엔드 장비로는 종래의 주파수 대역폭(6MHz)을 이용하여 기존 TV와의 호환성을 유지하면서 고화질 3DTV 전송스트림(transport stream) 생성이 가능한 3DTV 인코더가 개발된다. 케이블방송은 디지털미디어센터 또는 SO에 3DTV 실험방송 헤드엔드 장비를 설치하고, 위성방송은 목동 방송센터에 헤드엔드 장비를 설치하여 케이블망 및 위성망을 통해 3DTV 전송스트림이 송출된다. 수신측에서 보면 각 실험방송 대상가구에 설치된 고화질 3DTV 수신기는 지상파, 케이블 및 위성방송 신호를 선택적으로 수신하며, 고화질의 2D 방송 혹은 3D 방송을 시청하게 한다.

그림 2는 본 고화질 3DTV 실험방송을 위해 채택된 듀얼스트림(dual stream) 3DTV 전송방식의 개념도를 보여주고 있다. 역방향 호환성 및 고화질의 방송을 동시에 보장하기 위해, 좌영상 및 우영상을 기본 비디오 인코더(base video encoder) 및 부가 비디오 인코더(additional video encoder)를 통해 각각 인코딩한다. 여기서 지상파 방송용 기본 비디오 인코더는 기존의 DTV 방송과 호환성을 보장하기 위하여 MPEG-2 비디오규격을 따르며 케이블 및 위성 방송용은 H.264 비디오 규격을 따른다. 부가 비디오 인코더는 지상파방송의 경우에도 고화질을 제공하기 위하여 H.264 비디

오 규격을 따른다. 인코딩된 각각의 기본스트림(elementary stream)은 MPEG-2 시스템 규격에 따라 각각 PES 패킷화(packet elementary stream packetization)된 후 서로 다른 PID (packet identifier)값을 갖도록 전송스트림으로 분할되어 다중화한다. 여기서 좌우영상의 동기화 재생을 위해 PES 패킷에 AU(access unit)단위로 삽입되는 PTS (presentation time stamp)는 동일한 값을 가지도록 하며, 좌우영상을 인코딩한 기본스트림은 한 프로그램(program)내에 별도의 프로그램 요소(program element)로 구성되도록 한다. 이에 따라 프로그램의 구성정보 및 부가정보를 기술하기 위한 PMT (program map table)는 표준규격 범위 내에서 확장하며, 그 기본구조는 표 1에서와 같다. 좌영상 및 우영상이 각각 인코딩된 기본영상 기본스트림 및 부가영상 기본스트림은 한 프로그램내에 다중화되므로, 각각 PMT내 두 번째 루프에서 고유의 PID 및 인코딩 규격에 부합되는 스트림 타입(stream\_type)값을 가진다.

MPEG-2 시스템 규격에 따르면, 수신기는 하나의 전송스트림으로부터 원하는 PID 값의 기본스트림을 필터링할 수 있다. 따라서, 기존의 2차원 DTV수신기는 좌영상을 인코딩된 기본스트림(예; PID=0x0101)만을 필터링한 후 디코딩함으로써, 기본영상만을 재생하게 되어 역방향 호환성을 보장한다. 또한 기존의 2차원 DTV수신기는 우영상을 인코딩된 기본스트림의 타입(예: stream\_type=0x1B)을 인식하

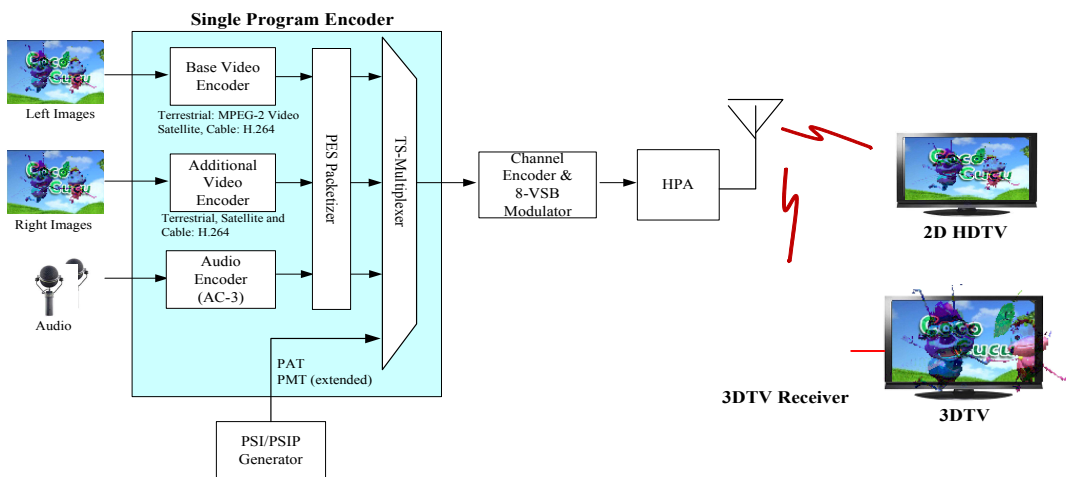


그림 2. 듀얼스트림 방식의 고화질3DTV 실험방송 전송 개념도  
 Fig. 2. Conceptual diagram of HD 3DTV experimental system in dual stream method

지 못하므로 PMT 해석과정에서 이를 무시하게 된다. 반면에 새롭게 개발되는 고화질 3DTV 수신기는 기본영상 기본스트림 및 부가영상 기본스트림(예; PID=0x0102, stream\_type=0x1B)을 동시에 해석 및 필터링하여 디코딩함으로써, 스테레오스코픽 3DTV 영상을 재생한다. 이외에 PMT는 첫 번째 디스크립터 루프(1st descriptor loop)를 통해 2D/3D 프로그램 식별정보 등을 보낼 수 있으며, 두 번째 디스크립터 루프(2nd descriptor loop)를 통해 각 기본스트림에 관련된 부가정보를 보낼 수 있다. 여기서 2D/3D 프로그램 식별정보는 현재 방송중인 프로그램이 일반적인 2차원 서비스인지 아니면 3DTV 서비스인지를 수신기에 알려주기 위한 것이다. 즉 단일 프로그램을 통해 제공되는 방송서비스를 시간에 따라서 2D 혹은 3D 콘텐츠로 번갈아가면서 제공하기 위한 것이다.

## 2. 실험방송용 3DTV 재다중화기

듀얼스트림 방식의 3DTV 영상을 인코딩하여 전송스트

림을 생성하기 위한 3DTV 인코더는 PC환경에서 소프트웨어로 개발되었지만, 고화질 및 안정된 시스템 운용을 보장하기 위하여 상용화된 하드웨어기반의 듀얼채널(dual-channel) AV 인코더에 연결되어 본 실험방송 규격에 부합되도록 다중화할 수 있는 3DTV 재다중화기를 별도로 개발하였다. 듀얼 채널 AV 인코더는 MMS(MultiMode service) 서비스 등을 위해 MPEG-2 비디오 및 H.264로 동시에 AV 인코딩하는 기능이 있으며, 인코딩된 두 개의 기본스트림을 서로 다른 프로그램으로 동기화되지 않게 다중화하고 있다. 하지만 출력 전송스트림내에 두 개의 기본스트림은 디코딩 시 좌우 영상프레임간의 동기는 서로 맞지 않지만, 동일한 시스템클럭이 사용됨으로써 좌측 및 우측 기본스트림간에 타임스텝의 차이는 일정하게 유지되고 있다. 따라서, 실험방송용3DTV 재다중화기는 좌우 영상프레임간의 시간적인 차이를 확인하고 시스템 운용 초기에 수동으로 이를 한번만 보정하면 좌우영상이 지속적으로 동기화되고, 실험방송 규격에 따른 다중화와 PMT를 확장할 수 있도록 개발하였으며, 그 구조는 그림 3에서와 같다.

표 1. 지상파 3DTV 실험방송의 경우의 PMT 구성  
Table 1. PMT configuration in terrestrial 3DTV experimental broadcasting

문법	비트수	비고
TS_program_map_section() {		
:	8	
program_info_length	12	
descriptor()		2D or 3D 프로그램 구분 정보 기술
// 기본 영상 (Left image)		
stream_type	8	0x02 (MPEG-2 video stream)
Reserved	3	
elementary_PID	13	예) 0x0101
Reserved	4	
ES_info_length	12	
descriptor()		기본영상에 대한 정보 기술
// 부가영상 (Right image)		
stream_type	8	0x1B (AVC video stream)
Reserved	3	
elementary_PID	13	예) 0x0102
Reserved	4	
ES_info_length	12	
descriptor()		부가영상에 대한 정보 기술
:		
}		

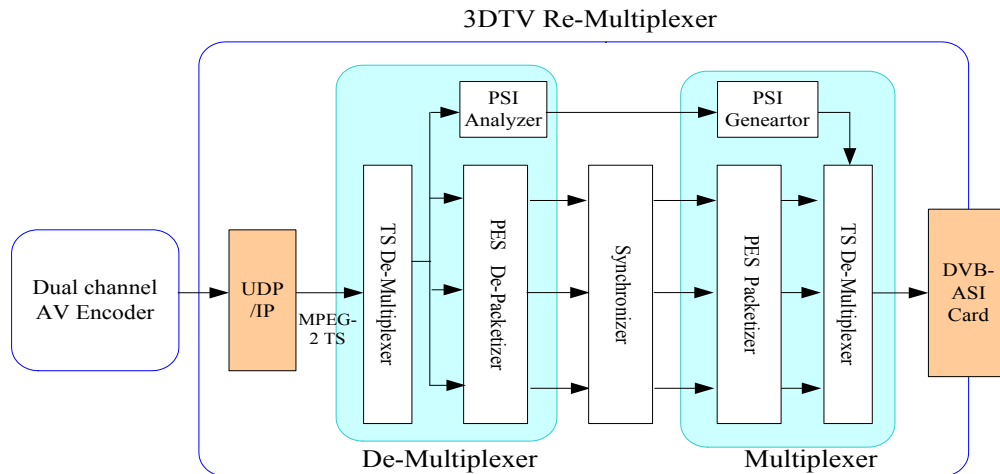


그림 3. 개발된 3DTV 재다중화기 블록도  
 Fig. 3. Block diagram of 3DTV re-multiplexe

그림 3에서 듀얼채널 AV인코더로부터 UDP/IP 포트를 통해 입력된 전송스트림은 역다중화기(De-Multiplexer)에서 기본영상, 부가영상 및 오디오 기본스트림으로 분리된다. 그러면 동기화기(synchronizer)는 미리 설정된 좌우영상 프레임 차이값을 바탕으로 스테레오스코픽 쌍(stereo-scopic pair)을 이루도록 기본영상 혹은 부가영상의 기본스트림을 지연시키며, 동시에 PTS가 서로 동일한 값을 갖도록 하고 지연된 만큼 PCR 값을 보정한다. 다중화기(Multiplexer)는 단일 프로그램을 갖도록 다시 기본스트림들을 다중화하며, 보정된 PTS 및 PCR 값들로 재설정한다. 한편 PSI 생성기(generator)는 PSI 해석기(parser)에서 추출된 정보를 바탕으로 실험방송 규격에 부합되도록 PAT 및 PMT를 재구성한다. 생성된 전송스트림은 DVB-ASI 카드를 통하여 방송 송신장비로 출력된다.

### 3. PC기반의 고품질 3DTV 수신기

고품질 3DTV 수신기는 그림 4에서와 같이 PCI 입출력 카드가 장착된 윈도우즈(windows) PC 환경에서 동작하도록 설계되었다. 그림에서 RF 튜너는 선택적으로 지상파, 케이블 및 위성 TV RF 신호를 튜닝한 후, 복조, 채널 복호화 등을 통해 MPEG-2 TS 신호를 추출한 후, PCI 인터페이스를 통해 메인보드로 신호를 보내어 주요 SW 기능이 수행되

게 한다. PC의 SW 파트에서는 먼저 TS 역다중화기(TS De-multiplexer)에서 MPEG-2 시스템 규격 기반으로 PAT, PMT 등의 PSI 정보를 해석한 후, 기준영상, 부가영상 및 오디오 패킷기본스트림(PES)을 분리한다. PES 디패킷화기(PES De-Packetizer)는 분리된 각 패킷 기본스트림에서 기본스트림을 추출하며, 해당되는 각각의 디코더는 기본스트림들을 디코딩한다. 여기서 PES 디패킷화기는 각 기본영상, 부가영상 및 오디오 AU(access unit)의 PTS가 추출되어 좌우 영상 및 오디오 간의 동기화 재생이 가능하도록 한다. 또한 지상파 방송용의 경우 기준영상 디코더(base video decoder)는 MPEG-2 비디오 규격을, 케이블 및 위성 방송용의 경우 H.264 규격을 따르며, 부가영상 디코더(additional video decoder)는 모두 H.264 규격을 따른다. 3D 영상 포맷터(3D video formatter)는 사용자 선택에 따라 다양한 형태의 출력이 가능하도록 3D 영상 포맷을 변환한다. 기본영상 및 부가영상 디코더에서 디코딩된 좌우영상은 비월주사(interlaced scanning) 영상으로서, 고속 디인터레이싱(de-interlacing) 알고리즘에 의해 순차주사(progressive scanning) 영상으로 변환된다. 변환된 영상은 기존의 프레임 호환된 방식을 지원하기 위해, side-by-side, top&bottom 방식으로 구성되어 출력될 수 있으며, 2D 방송 시청을 위해 좌영상 혹은 우영상이 선택적으로 출력된다.

본 실험방송에서는 고품질의 3DTV 방송을 제공하기 위

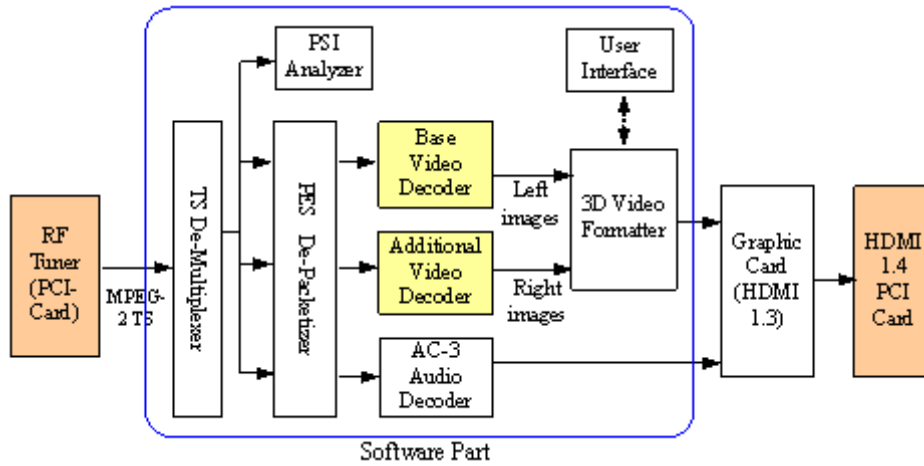


그림 4. 실험방송을 위한 고화질 3DTV 수신기 블록도  
 Fig. 4. Block diagram of HD 3DTV receiver for experimental service.

해 개발된 3DTV 수신기와 3DTV간의 인터페이스를 위해 HDMI 1.4 규격<sup>[9]</sup> 중에서 1,920x1,080p @30Hz(Frame packing) 이상을 지원하기로 하였다. 하지만, 개발 당시에 이를 지원하는 그래픽카드가 시중에 출시되지 않았으므로, 범용적으로 사용되는 그래픽카드의 출력(HDMI 1.3, 1,920x1,080p @60Hz)을 입력받아 HDMI 1.4, 1,920x1,080p @30Hz(Frame packing) 신호로 변환하는 PCI 카드를 개발하였다.

그림 5는 송수신되어 디코딩된 영상포맷, 고화질 3DTV 수신기와 3DTV간의 인터페이스 영상포맷, 3DTV에서의 재생 영상포맷 관계를 보여주고 있다. 먼저 디코딩된 좌우 영상(1920X1080i, @60Hz)은 디인터레이싱된 후 1920X1080p @60Hz의 프레임 순차(Frame Sequential)영상으로 변환된다. 이를 전체적으로 보면 60p이지만 좌우 각각으로 보면 30p에 해당된다. 개발 당시, 시중에 출시되는 HDMI 1.4용 칩셋은 속도상 1920X1080p @30Hz(Frame packing)

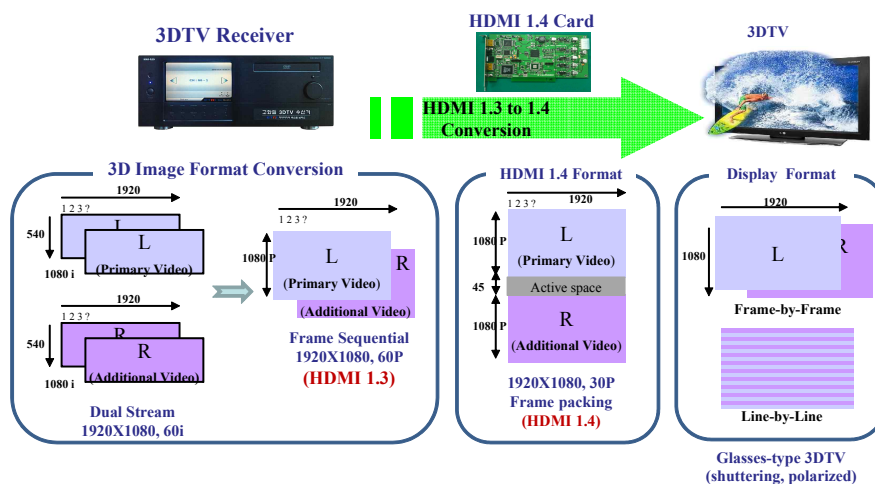


그림 5. PC기반의 고화질 3DTV 수신기 및 3DTV간 인터페이스  
 Fig. 5. Interface between PC-based 3DTV receiver and 3DTV set



정도만 지원하였다. 따라서 개발된 HDMI 1.4 PCI 카드는 1,920x1,080p @30Hz(Frame packing)을 지원하도록 영상 신호를 그림 5에서와 같이 구성하였다. 전달된 영상신호는 3DTV에서 셔터링 방식의 경우에는 240Hz 프레임율의 Frame-by-Frame 영상포맷으로 변환되어 재생되며, 안경방식의 경우에는 60Hz 프레임율의 Line-by-line 영상포맷으로 변환되어 재생된다.

### III. 시스템 구현 및 실험방송 실시 결과

#### 1. 고화질 3DTV 실험방송 송수신시스템 구현 결과

기존 디지털방송과의 역방향 호환성 및 고화질의 3DTV 영상 제공을 동시에 보장하며, 고화질 3DTV 실험방송 서비스를 실시하기 위해 고화질 3DTV 인코더 및 수신기를 포함하는 송수신시스템이 구현되었다. 그림 6은 지상파 방송의 경우 개발된 장비들로 구성된 실험방송 송수신시스템을 보여주고 있다. 송신시스템 측면에서 보면, 좌우영상이 각각 녹화 및 재생되며 듀얼 링크(dual-link) 및 3Gbps HD-SDI(serial digital interface) 입출력이 가능한 VCR을 통해, 미리 제작된 듀얼 영상포맷의 3D콘텐츠가 3DTV 인코더로 공급된다. SW 기반으로 고화질 3DTV 인코더가 별도로 개발되었지만, 2.3절에서 기술한 고화질 3DTV 재다중화기를 활용하기 위해, 상용화된 듀얼채널 AV 인코더 및

3DTV 재다중화기의 조합에 의해 듀얼스트림 방식의 실험방송용 3DTV 전송 스트림이 생성된다. 실험결과 사용된 듀얼채널 AV 인코더는 좌우 영상 프레임 차이가 5개 이내로 일정하게 유지됨을 실험적으로 확인하였다. 따라서 송신시스템 운용 초기에 수동으로 이 좌우 영상프레임 차이 값을 개발된 3DTV 재다중화기에 한번만 설정하면, 전체 송수신시스템 지연시간이 3~4초정도 길어지나 수신기의 좌우 영상 및 오디오 동기화에 문제가 없음을 확인하였다.

수신측에서 보면, 고화질 3DTV 수신기의 구현된 RF 튜너카드(RF tuner card)는 지상파, 케이블 및 위성방송 신호 중 하나의 채널을 사용자에 의해 선택적으로 수신 가능하며, 소프트웨어 파트에 의해 좌우영상 기본스트림이 정상적으로 분리 및 각각 디코딩된 후, 구현된 HDMI 1.4 PCI 카드에 의해 HDMI 1.4 1,920x1,080p @30Hz(Frame packing) 포맷의 신호로 출력되어 가전사들의 3DTV상에 고화질의 3DTV 영상으로 재생됨을 확인하였다.

실험실내에서의 충분한 안정성테스트 이후에, 개발된 고화질 3DTV 재다중화기를 포함하는 실험방송 송수신시스템은 지상파 방송사에 설치되어 운용되었으며, 이외에 케이블 및 위성방송사업자들에게는 미리 인코딩된 스트림을 송출하기 위한 장비가 설치되어 실험방송에 참여하였다. 100여대의 고화질 3DTV 수신기 및 3DTV는 공공기관 및 희망가구에 설치되어 시청자들이 방송매체별 3DTV 실험방송을 시청 및 평가할 수 있도록 하였다. 고화질 3DTV 실험방송은 2010년 10월 말부터 본격 실시되었으며, 그림 7에서

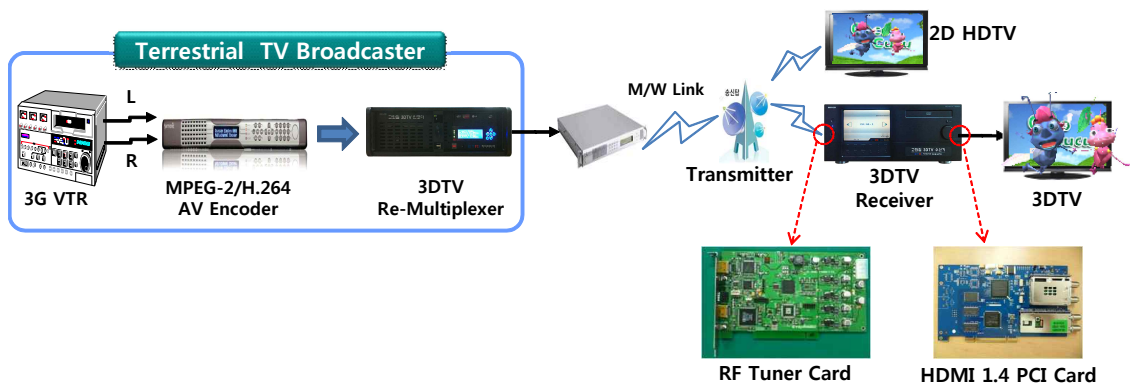


그림 6. 개발된 고화질 3DTV 실험방송 송수신 시스템 (지상파 방송용)  
 Fig. 6. Developed HD 3DTV experimental broadcasting system (Terrestrial)

와 같이 일반적인 DTV와 고화질 3DTV에 동시에 실험방송 신호가 수신되어 고화질로 재생됨을 보임으로써 채택한 듀얼스트림 방식이 역방향 호환성을 보장함을 검증하였다. 고화질 3DTV 실험방송의 환경은 표 2에서와 같다.



그림. 7. 역방향 호환성이 보장된 고화질 3DTV 실험방송 검증  
 Fig. 7. Verification of 3DTV experimental broadcasting service guaranteeing backward-compatibility

## 2. 지상파용 고화질 3DTV 실험방송 성능평가 결과

본 논문에서의 고화질 3DTV 실험방송은 3개의 방송 매체를 대상으로 본격적으로 실시되었지만, MPEG-2 비디오를 기본적인 비디오코덱으로 사용하고 있고 상대적으로 다

수의 시청들에게 방송이 제공되고 있는 지상파 방송에 고화질의 2D 및 3D 영상을 확보하는 것을 중요하게 고려하고 있다. 따라서, 본 절에서는 지상파 실험방송 환경에서 듀얼 스트림 방식 기반의 고화질 3DTV 실험방송 송수신시스템의 성능 검증을 위해 객관적인 측면과 주관적인 측면의 실험을 진행하였다. 실험 콘텐츠는 표 3에서와 같이 여러 장면 구성을 위하여 뮤직 비디오, 드라마, 스포츠 경기 세 가지 장르의 영상을 사용 하였다. 먼저 객관적인 측면의 실험으로서, 기존의 DTV 화질 및 side-by-side 방식의 3DTV방송에 비해 듀얼 스트림 방식의 고화질 3DTV 실험방송의 좌영상에 대한 PSNR(Peak signal to noise ratio)을

표 3. 지상파 방송에서 객관적 화질 평가를 위한 실험 조건  
 Table 3. Test condition for objective picture quality evaluation

실험 조건	
실험 콘텐츠	뮤직비디오, 드라마, 스포츠의 좌영상
방송매체	지상파방송 (19.39Mbps)
비교 방식 (코덱 및 비트율)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 DTV : MPEG-2 Video, 18Mbps</li> <li>• Side-by-side 방식 : Side-by-side영상을 MPEG-2 Video(18Mbps)로 인코딩/디코딩 후 보간</li> <li>• 실험방송 방식 : MPEG-2 Video, 12Mbps</li> </ul>

표 2. 고화질 3DTV 실험방송 테스트 환경  
 Table 2. Test environment for HD 3DTV experimental broadcasting

	Terrestrial	Cable	Satellite
Broadcasting Standard	ATSC	OpenCable	DVB-S2
Frequency	CH 66	CH 97	12.59 GHz
Bandwidth	6MHz	6MHz	36MHz
Modulation	8 VSB	256 QAM	8 PSK
FEC (code rate)	TCM (2/3)	TCM (38/40)	LDPC (3/4)
Effective data rate	19.39 Mbps	38 Mbps	35 Mbps
Bit-rate allocation for 3D video (video codec)	Left : 12 Mbps (MPEG-2) Right: 6 Mbps (H.264)	Left : 17.5 Mbps (H.264) Right: 17.5 Mbps (H.264)	Left : 17.5 Mbps (H.264) Right: 17.5 Mbps (H.264))
Image Resolution	1920x1080 @ 60i	1920x1080 @ 60i	1920x1080 @ 60i
Service area	Local (Seoul)	Local (Seoul)	Nationwide



측정하여 2D 화질을 분석하였다. 2D 화질을 분석한 것은 역방향 호환성 측면에서 3DTV 방송을 위해 추가적으로 우영상을 전송하더라도 기존의 2D 화질의 열화 정도를 비교하기 위한 것이다. 이를 위해 표 3에서와 같이 기존의 DTV 화질은 MPEG-2 비디오(18 Mbps)로 인코딩 및 디코딩되

고, side-by-side 방식은 MPEG-2 비디오(18 Mbps)로 인코딩 및 디코딩된 후 원본영상 크기로 보간 되었으며, 실험방송 방식은 듀얼스트림을 고려해 MPEG-2 비디오(12 Mbps)로 인코딩 및 디코딩되어 좌영상의 실험결과가 비교되었다. 그림 8은 앞서 언급한 세 가지 조건에 대하여 측정한

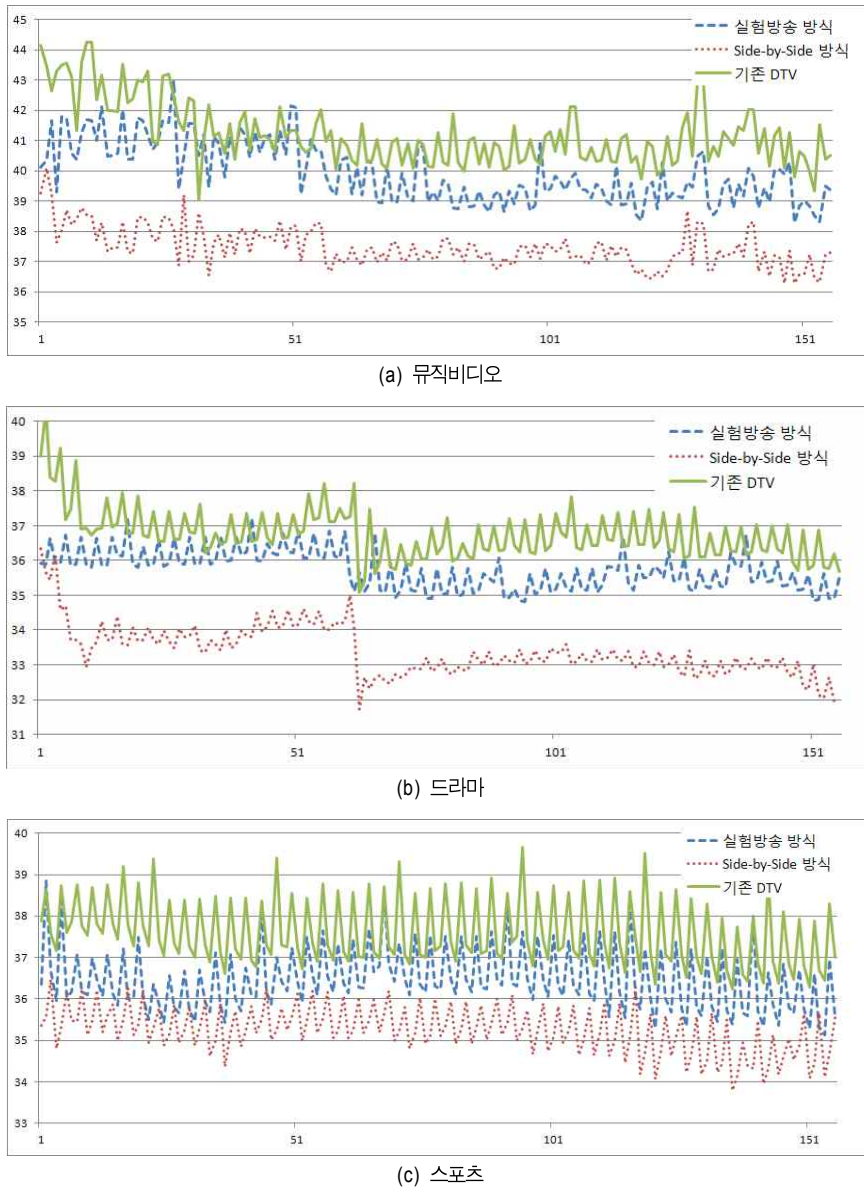


그림 8. 기존 DTV, Side-by-side 및 실험방송 방식간의 좌영상에 대한 PSNR 측정결과 비교  
 Fig. 8. PSNR comparison of left view images among DTV, side-by-side and experimental broadcasting method

PSNR 결과를 보여준다. 그림 8에서 보면 실험방송 방식의 화질이 기존 DTV 영상에 비해 다소 저하되지만, Side-by-side 방식에 비해 전체적으로 약 1~2dB 이상 좋은 결과를 나타냈으며 이는 그림 9에 나타낸 것과 같이 실제 영상의 화질을 비교해 보았을 때도 확인 할 수 있었다. 사실 Side-by-side 방식의 3DTV 방송은 2D 영상 제공을 위해 기본적으로 축소 및 보간 과정을 거치므로 화질 열화의 문제점은 필할 수가 없다. 하지만, 듀얼 스트림 방식의 3DTV 방송은 동일한 대역폭내에 부가영상을 추가로 압축하여 전송하기 때문에 기존 DTV 영상에 비해서는 화질 열화가 다소 발생하지만 Side-by-side 방식에 비해서는 좋은 화질을 보여 줄 수 있다는 장점을 갖고 있다. 추후 듀얼 스트림 방식의 3DTV 방송에 상호참조 코덱 방식 혹은 부가영상 인코더에 고효율의 코덱 방식을 적용할 경우 기존 DTV 영상 화질에 근접한 화질을 보여줄 수 있을 것이다.

주관적인 측면의 실험을 위하여 Side-by-side 방식과 실험방송 방식의 3D 및 2D 방송 화질에 대한 주관적 평가를

실행하였으며, 이를 위해 2010년 11월 23일과 24일 이틀에 걸쳐 수도권에 거주하는 일반인 100명(남자 49명, 여자 51명)을 대상으로 Gang survey를 실시하였다. Gang survey를 이용한 주관적 화질 평가는 3D 영상 체험관내의 통제된 환경에서 3D 콘텐츠를 시청한 후 설문지를 작성하는 방법으로 3D 콘텐츠에 대한 화질, 입체감, 생리적 불편함의 3가지 항목에 대해서 조사하였다. 조사를 위한 콘텐츠는 다음 그림 10과 같이 구성하였다. 그림 10에서 보면 실험을 위한 콘텐츠는 3D 방송방식(실험방송, Side-by-side, 원본)별로 디코딩된 동일한 3D 콘텐츠를 연속적으로 시청자에게 제공하는 방법을 통해 비교하게 하였으며, 시청자는 이를 시청하고 각각의 항목에 대한 설문지를 작성하였다. 실험 결과는 각 해당 항목의 설문 점수를 평균하여 도출 하였으며 그림 11은 이 결과를 도식화한 결과를 보여 준다.

실험 결과에서 보면 입체감은 대체로 원본 영상이 가장 좋은 평가를 받았으며 실험방송 방식과 Side-by-side 방식 순으로 평가 되었다. 입체감의 경우는 동적인 장면이나 화



그림 9. 방식별 영상 화질 비교  
Fig. 9. Comparison of picture quality among 3DTV methods

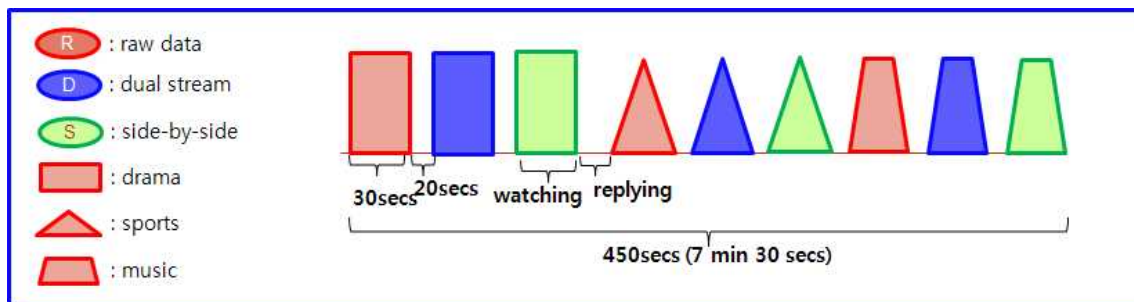


그림 10. 주관적 평가를 위한 영상 시퀀스 구성  
Fig. 10. Configuration of image sequence for subjective evaluation

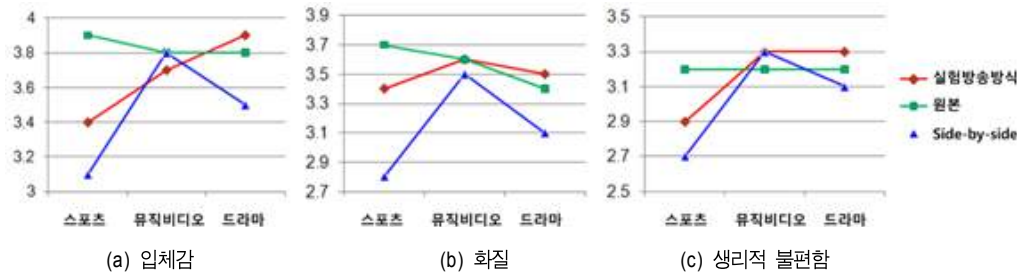


그림 11. 주관적 평가 결과(Gang Survey)  
 Fig. 11. Results of subjective evaluation(Gang Survey)

면 전환이 많이 포함된 콘텐츠일수록 원본에 비해 입체감이 떨어지는 것으로 평가 되었는데 이는 영상의 화질 열화로 인해 3D 시청을 방해하는 요소인 좌, 우 영상의 불일치가 더 많이 발생하기 때문인 것으로 유추된다. 영상 화질의 경우는 대체적으로 원본 영상과 실험방송 방식이 Side-by-side 방식에 비해 높게 평가를 받은 것으로 나타났다. 마지막으로 생리적 불편함의 경우는, Side-by-side 방식이 스포츠 콘텐츠에서 원본에 비해 낮은 점수를 받은 것을 제외하고는 대체로 0.2점 이내 편차로 비슷한 수준의 평가를 받았다. 이러한 결과는 설문에 참여한 평가자들이 일반적으로 3D 영상 시청에서 느낄 수 있는 어색함이나 어지러움으로 인해 방식별 큰 차이를 나타내지 않은 것으로 유추된다.

본 실험에서는 기본적인 화질 평가 외에도 3DTV 서비스에 대한 설문을 실시하였는데 3DTV의 호감도를 조사한 결과, 전체 응답자의 73%가 호감이 있다고 응답하였고 시청 만족도의 경우는 전체 응답자의 58%가 만족한다고 응답하였다. 3DTV 방송의 이용 의향을 조사한 결과, 전체 응답자의 77%가 이용의향이 있다고 응답하였고, 3DTV 방송 유료화시에는 응답자의 35%만이 이용의향이 있는 것으로 나타났다. 3DTV 방송 활성화를 위해서는 안경 착용 및 생리적 불편함의 개선이 가장 중요한 사항으로 지적되었으며, 3DTV에 맞는 콘텐츠의 확보, 화질 및 입체감의 개선 또한 3DTV 방송 활성화를 위한 개선 사항으로 지적 되었다. 전체 응답자의 하루 평균 TV 이용시간은 132분이며 3DTV 방송에 대한 예상 평균 이용 시간은 91분으로 조사되었는데 3D 시청에서 발생하는 불편함으로 인해 2D 방송에 비해 3DTV 방송의 기대 이용 시간이 적게 나타난 것으로 유

추할 수 있었다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 3DTV 실험방송 시스템의 개발 및 실험 방송 실시 결과에 대해 소개 하였다. 역방향 호환성을 보장 하면서 고화질의 입체감을 제공하기 위해 채택된 듀얼스트림 방식의 3DTV 전송개념에 대해 소개하고, 3DTV 송수신 시스템의 구성과 3DTV 재다중화기 및 고화질 3DTV 수신기의 설계 방법 및 구현결과에 대해 기술하였다. 개발된 송수신시스템은 지상파 방송사에 설치되어 현재까지 운용되고 있으며, 100여대의 고화질 3DTV 수신기는 공공기관 및 희망 가구에 설치되어 입체감 있는 영상을 재생하고 있다. 마지막으로 개발된 실험방송 시스템의 객관적 및 주관적인 평가결과 기존의 프레임 호환 방식(side-by-side)보다 화질 및 입체감 측면에서 우수함을 보였다. 현재 실험방송 시스템의 성능 고도화 및 '2011 대구육상세계선수권대회' 실험 중계 방송을 목표로 추가적인 연구개발이 진행되고 있다.

#### 참고 문헌

- [1] Discussion forum "3D in the Home: How Close are We?", Stereoscopic Displays and Applications XVIII, San Jose, California, USA, 2007.
- [2] 3D@Home Consortium 홈페이지 (<http://www.3dathome.org>)
- [3] N. Hur et al., "An HDTV-compatible 3DTV broadcasting system," ETRI Journal, vol. 26, no.2, pp.71-82, 2004
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "A Frame Compatible System for 3D Delivery", Doc. M17925, Geneva, Switzerland, July 2010.
- [5] '고화질 3DTV 실험방송 지원' 사업계획서, ETRI, 2010. 1.

[6] ISO/IEC 13818-1, Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated AudioInformation: System, Dec. 1997.

[7] ISO/IEC 13818-2, Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Video, Feb. 1994.

[8] ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services, Mar. 2003.

[9] "HDMI Specification 1.3a Section 6.3,"HDMI Licensing, LLC, 2006.

저 자 소 개



이 광 순

- 1993년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1995년 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 2004년 : 경북대학교 전자공학과 박사
- 2001년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감방송시스템연구팀 책임연구원
- 주관심분야 : 3DTV 방송시스템, 모바일 방송, 영상처리 등



정 광 희

- 2007년 : 한림대학교 정보통신공학과 학사
- 2009년 : 상군관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사
- 2009년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감방송시스템연구팀 연구원
- 주관심분야 : 3DTV 방송 시스템, 모바일 3D 방송 시스템, 패턴인식 등.



정 원 식

- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 실감방송시스템연구팀장/책임연구원
- 주관심분야 : 3DTV 방송시스템, 모바일 방송, 영상처리 및 압축, MPEG 등



허 남 호

- 1992년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 공학사
- 1994년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학석사
- 2000년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학박사
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 부장
- 2005년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 겸임교원
- 주관심분야 : 방송시스템기술, 3DTV, 홀로그래피 등



표 경 수

- 2003년 2월 : 동아대학교 전자공학과 학사
- 2005년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과 석사
- 주관심분야 : 디지털방송시스템, 유기반도체